Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 4, Winter 2023, p. 763-776

Morphological Attributes and Phytochemical Compounds of *Satureja hortensis* L. in Response to Poultry Pellet and Zinc Sulphate Applications

R. Raee[1], V. Akbarpour[2*], M.A. Bahmanyar[3]

Received: 21-12-2020 Revised: 20-11-2021 Accepted: 24-11-2021 Available Online: 30-01-2023	**How to cite this article:** Raee, R., Akbarpour, V., & Bahmanyar, M.A. (2023). Morphological Attributes and Phytochemical Compounds of *Satureja hortensis* L. in Response to Poultry Pellet and Zinc Sulphate Applications. *Journal of Horticultural Science 36*(4): 763-776. (In Persian with English abstract) **DOI**: 10.22067/jhs.2021.67877.1006

Introduction

Fertilizer management is one of the main factors in achieving sustainable agriculture. Therefore, the integrated agricultural system recommends the use of organic matter along with the optimal use of chemical fertilizers. This method is a balanced way to improve the physical and chemical properties of the soil, which leads to improved growth and increased plant yield. Organic fertilizers, especially livestock manures, have higher levels of organic matter than chemical fertilizers, and can be considered as sources of nutrients, especially nitrogen, phosphorus and potassium. One of these organic fertilizers is poultry manure, which in addition to having macro and micro elements (manganese, iron, copper, and boron) is one of the cheapest fertilizers compared to other fertilizers used. It is also richer in terms of nitrogen than other animal fertilizers. Soil fertility is the factor that change the amount of active substances and essential oils. Micronutrients such as zinc, although needed in small amounts by plants, play an important role in plant growth and development. The application of zinc sulfate fertilizer improved the quantitative and qualitative attributes of basil, peppermint, sage, and rosemary. Researchers stated that the application of a combination of chemical fertilizers and poultry manure has increased the yield of garlic essential oil. Therefore, in recent years, integrated plant nutrition management has been discussed. Integrated plant nutrition management is based on the simultaneous application of organic, chemical, and biological fertilizers. Because organic fertilizers alone can't provide the needs of high-yielding plants. Combined application of organic, chemical, and biological fertilizers can improve the physical and chemical conditions of the soil and increase organic carbon and nutrients. Savory is an aromatic medicinal plant from the mint family. This plant has a lot of essential oils and is very important in the food, pharmaceutical, and health industries. The aim of this study was to investigate the role of poultry manure and zinc sulfate in the cultivation of savory.

Materials and Methods

The present experiment was performed as a factorial in a completely randomized design with 3 replications. The factors consisted of poultry manure with four levels (0, 3, 6, and 9 t.ha^{-1}) and the second factor zinc sulfate with four levels (0, 50, 100 and 150 mg.kg^{-1} soil).

Results and Discussion

According to the obtained results, the effect of poultry manure, zinc sulfate, and their interaction on most of the studied traits was significant. The highest height was observed in the treatment of poultry manure of 9 t.ha^{-1} + zinc sulfate in 100 mg. kg^{-1} soil, which showed an increase of 79.26% compared to the control, and the lowest height belonged to the control treatment. The total chlorophyll in the chicken manure treatment of 6 t.ha^{-1} + zinc sulfate in 150 mg. kg^{-1} had a significant increase compared to the control. The highest amount of leaf nitrogen

1 and 2- Former Student of Medicinal Plants and Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: v.akbarpour@sanru.ac.ir)
3- Professor, Department of Soil Sciences and Engineering, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

was obtained in the treatment of poultry manure of 9 $t.ha^{-1}$ + 50 $mg.kg^{-1}$ with an increase of 82.03% compared to the control. Zinc element was observed with a 222.75% increase in poultry manure treatment of 9 $t.ha^{-1}$ + 150 $mg.kg^{-1}$. Poultry manure treatment of 6 tons per hectare + 150 $mg.kg^{-1}$ with 261.53% increase compared to the control contained the highest percentage of essential oil.

Conclusion

The results of the study showed that the use of combined ratios of poultry organic fertilizer and zinc sulfate has been effective in improving vegetative attributes, available plant elements, and essential oil content.

Keywords: Essential oils, Medicinal plants, Nutrition, Organic manure, Phytochemical traits, Zinc sulfate

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۷۷۶-۷۶۳

ویژگی‌های مورفولوژیک و ترکیبات فیتوشیمیایی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در پاسخ به کاربرد کود پلت مرغی و سولفات روی

رقیه راعی[1]- وحید اکبرپور[2]*- محمدعلی بهمنیار[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۳

چکیده

مدیریت کود یکی از عوامل اصلی در جهت رسیدن به کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. از این رو نظام کشاورزی تلفیقی استفاده از مواد آلی همراه با مصرف بهینه کودهای شیمیایی را توصیه می‌کند. مدیریت تلفیقی کود دامی با کود شیمیایی روش مهمی برای افزایش تولید و حفظ باروری خاک می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش کود آلی پلت مرغی و سولفات روی در پرورش گیاه مرزه می‌باشد. آزمایش حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. فاکتور اول کود مرغی با چهار سطح (صفر، ۳، ۶، ۹ تن در هکتار) و فاکتور دوم سولفات روی با چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده، اثر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها بر بیشتر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کود آلی مرغی ۹ تن در هکتار + سولفات روی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد که نسبت به شاهد ۷۹/۲۶ درصد افزایش نشان داد و کمترین ارتفاع بوته متعلق به تیمار شاهد بود. کلروفیل کل در تیمار کود مرغی ۶ تن در هکتار + ۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم، افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد داشت. بیشترین میزان نیتروژن برگ در تیمار کود مرغی ۹ تن در هکتار + ۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم با افزایش ۸۲/۰۳ درصدی نسبت به شاهد به دست آمد و عنصر روی با افزایش ۲۲۲/۷۵ درصدی در تیمار کود مرغی ۹ تن در هکتار + ۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم مشاهده شد. تیمار کود مرغی ۶ تن در هکتار + ۱۵۰ میلی‌گرم درکیلو گرم با ۲۶۱/۵۳ درصد افزایش نسبت به شاهد حاوی بیشترین درصد اسانس بود. نتیجه پژوهش حاضر نشان داد استفاده از نسبت‌های تلفیقی کود آلی مرغی و سولفات روی در بهبود صفات رویشی، عناصر در دسترس گیاه و درصد اسانس موثر واقع شده است.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تغذیه، خصوصیات فیتوشیمیایی، سولفات روی، کود دامی، گیاه دارویی

مقدمه

گیاهان دارویی در تأمین بهداشت و سلامت جامعه از اهمیت خاصی برخوردارند. استفاده از این گیاهان به‌منظور درمان با تاریخ زندگی انسان همزمان بوده است. به‌طوری‌که در سال‌های اخیر رویکردی همه‌جانبه بر اساس استفاده از داروهایی با منشاء طبیعی و به‌ویژه گیاهی در جوامع مختلف جهان به وجود آمده است (Fazelian and Asrar, 2011). مرزه (*Satureja hotrensis* L.) گیاهی دارویی، علفی و معطر از خانواده نعناعیان است (Abad *et al.*, 1999). این گیاه دارای اسانس زیادی می‌باشد و در صنایع غذایی، دارویی و بهداشتی اهمیت فراوان دارد (Baher *et al.*, 2002). مدیریت تلفیقی کود دامی با کود شیمیایی روش مهمی برای افزایش تولید و حفظ باروری خاک می‌باشد (Gardner *et al.*, 1990). کودهای آلی به خصوص کودهای دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و می‌توانند به عنوان منابعی از عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم به شمار

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گیاهان دارویی و استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(*- نویسنده مسئول: Email: v.akbarpour@sanru.ac.ir)

۳- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

DOI: 10.22067/jhs.2021.67877.1006

آیند. در زمین‌های خشک و نیمه‌خشک مقدار ماده آلی خاک بسیار اندک است. در ایران مواد آلی در بیش از ۶۰ درصد از زمین‌های کشاورزی کمتر از یک درصد می‌باشد (Fernandez *et al*., 1993). یکی از روش‌هایی که باعث افزایش ماده آلی و بالا بردن عناصر غذایی قابل جذب گیاه در خاک می‌شود، کودهای آلی است. یکی از این کودهای آلی، کود مرغی می‌باشد که علاوه بر داشتن عناصر ماکرو و میکرو (منگنز، آهن، مس و بر) یکی از کودهای ارزان قیمت در مقایسه با سایر کودهای مصرفی است و از نظر نیتروژن نسبت به کودهای دامی دیگر غنی‌تر است (Zhou *et al*., 2005). کودهای مرغی عناصر غذایی را در اختیار گیاهان قرار می‌دهند (Emam, 2008). اما کودهای دامی نمی‌توانند تمام احتیاجات غذایی گیاه را برطرف سازند (Malakouti and Tehrani, 1999). اهمیت گیاهان دارویی وجود ماده مؤثره در آنهاست. شرایط محیطی و حاصلخیزی خاک از عوامل تغییر در میزان ماده مؤثره و اساس بوده که در این میان نقش عناصر کم‌مصرف در خاک زیاد است (Farzaneh *et al*., 2010). پژوهش‌های متعدد نشان از تأثیر مثبت کاربرد ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و ویژگی‌های کیفی محصولات کشاورزی دارند (Tavassoli *et al*., 2010). عناصر ریزمغذی نظیر روی با وجود اینکه به مقدار کم مورد نیاز گیاهان می‌باشند، ولی نقش برجسته‌ای در رشد و نمو گیاهان دارند (Malakouti and Tehrani, 1999). گرچه نیاز گیاهان به روی، اندک است اما اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارآیی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با این عنصر، دچار اختلال در رشد خواهند شد (Baybordi, 2006). روی از عناصر کم‌مصرف بوده که در سنتز تریپتوفان، پیش‌ماده اکسین، طول عمر رنگدانه‌های کلروفیل و پیری برگ، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ساخت پروتئین‌ها در گیاهان اثرگذار است (Hemant Ranjan, 1996). عنصری مهم در فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز، پروتئیناز و تنظیم‌کننده‌های رشد است. عقیمی دانه‌های گرده، کوچکی اندازه برگ، وجود نوارهای روشن در امتداد رگبرگ اصلی برگ و کوتولگی گیاه از علایم کمبود این عنصر می‌باشد (Malakouti and Tehrani, 1999).

استفاده از کود سولفات روی سبب بهبود خصوصیات کیفی و کمی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Said Al-Ahl and Mahmoud, 2010)، نعناع فلفلی (*Mentha piperita*)، مریم گلی (*Salvia officinalis*) و رزماری (*Salvia rosmarinus*) شد (Nahed and Balbaa, 2007). پژوهشگران اظهار داشتند که استفاده از ترکیب کود شیمیایی و کود دامی مرغی سبب افزایش میزان عملکرد اسانس گیاه سیر (*Allium sativum*) شده است (Singh *et al*., 2014). همچنین مصرف کودهای شیمیایی NPK همراه با ۱۰ تن کود دامی در هکتار، جذب عناصر غذایی به وسیله سوخ سیر را افزایش داده است (Jadhav *et al*., 2013). بنابراین در سال‌های اخیر بحث مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه مطرح شده است. مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی بر پایه استفاده همزمان از کودهای آلی، شیمیایی و زیستی استوار است. چرا که کودهای آلی به تنهایی قادر به تأمین نیازهای گیاهان پربازده نیستند. مصرف توأم کودهای آلی و شیمیایی و زیستی می‌تواند باعث بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک شده و افزایش کربن آلی و عناصر غذایی را به دنبال داشته باشد. بدین منظور برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست، و نقشی که کودهای آلی و مصرف بهینه کودهای شیمیایی در تولید گیاهان دارند، همچنین با توجه به اهمیت گیاه مرزه به عنوان گیاه دارویی، پژوهش حاضر با هدف تأثیر کود آلی مرغی و سولفات روی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیتوشیمیایی این گیاه ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. فاکتور اول کود مرغی با چهار سطح (صفر، ۳، ۶، ۹ تن در هکتار) و فاکتور دوم سولفات روی با چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بود. بدین منظور ابتدا بذر مرزه تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان با درجه خلوص ۹۵ درصد و قوه نامیه ۸۵ درصد را در تاریخ اول اردیبهشت ماه ۱۳۹۸ در جعبه‌های مخصوص نشاء، با بستری مخلوط از شن، خاک‌برگ و خاک باغچه بذرپاشی کرده، بعد از ۴ برگی شدن، نشاءهای مرزه در تاریخ دهم خردادماه ۱۳۹۸ به گلدان‌های ۵ کیلویی به ابعاد ۱۵×۳۰ سانتی‌متر که از یک خاک یکنواخت پر شده بود، منتقل گردید. در هر گلدان ۲ عدد نشاء قرار داده شد. گلدان‌های حاوی نشای مرزه در فضای باز نگهداری شدند. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بستر آزمایش در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. طبق آزمون خاک، کودهای پرمصرف و کم‌مصرف بر روی تمام گلدان‌ها تیمار گردید.

آبیاری بوته‌ها نیز به صورت یکنواخت انجام شد. بعد از گذشت ۳ ماه از زمان کاشت، صفات مورد بررسی شامل طول شاخه اصلی، تعداد شاخه جانبی، تعداد گره، سطح برگ، قطر ساقه، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر پیکر رویشی، وزن خشک پیکر رویشی، میزان فنل (Slinkard and Singleton, 1977)، کلروفیل کل و کاروتنوئید (Arnon, 1967)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (Ebrahimzadeh *et al*., 2010)، غلظت عناصر نیتروژن و روی برگ و درصد اسانس اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک گلدان‌ها
Table 1- Physico-chemical analysis of the pots soil

هدایت الکتریکی Ec (dS.m-1)	اسیدیته گل اشباع pH	ماده آلی OM (%)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل Total N (%)	بافت خاک Soil Texture	رس Clay (%)	لای Silt (%)	شن Sand (%)
0.83	7.79	1.51	0.87	0.08	Loam	12	46	42

طول و قطر ریشه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. وزن تـر و خشک ریشه و پیکر رویشی گیاه نیز با استفاده از ترازوی دیجیتـال بـا دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید. بـرای انـدازه‌گیـری غلظـت عناصـر، نمونه‌های برگی برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونـه‌هـا در دمـای ۸۰ درجـه سانتی‌گراد به مـدت ۴۸ سـاعت خشـک گردیـده و به‌صورت پـودر درآمدند. برای اندازه‌گیری نیتـروژن از روش کجلـدال استفاده شد. ۰/۲ گرم از برگ خشـک را بـا کمـک اسـید سـولفوریک غلیظ در دمای ۳۶۰ درجه سانتی گـراد بـه کمـک کاتـالیزور هضـم و سپس درصد نیتروژن با دستگاه کجلدال اتوماتیک مـدل ۳۲۰ قرائـت گردید (Sharaf and El-Naggar, 2003). برای تعیین میـزان روی از دسـتگاه جـذب اتمـی شـعله‌ای A.A.S اسـتفاده شـد (William, 1972).

به منظور تعیین مقدار اسانس اندام هوایی، پس از برداشـت انـدام هوایی گیاه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شـرایط سـایه خشـک گردید. اسانس‌گیری به وسیله دستگاه کلـونجر و بـا اسـتفاده از روش تقطیر با آب انجام شد. برای محاسبه میزان درصد اسانس از رابطه قید شده استفاده گردید (Djilani Ghemam and Senoussi, 2013).

وزن خشک ماده اولیه (گرم) / وزن اسانس (گرم) = درصد اسانس

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمـون LSD در سـطح احتمـال پنج درصد و رسم نمودار با نرم‌افزار Excel انجام شد.

جدول ۲- عناصر غذایی قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک مورد بررسی
Table 2- Absorbable nutrients (mg.kg-1) in the studied soil

مس Cu	روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe	منیزیم Mg	پتاسیم K	فسفر P
1.1	0.56	11	7.5	600	129	18

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌هـا نشـان داد کـه بسـیاری از شـاخص‌هـای مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی اندازه‌گیری شده تحـت تـأثیر تیمارهـای مختلف کـود آلـی مرغـی و سـولفات روی قـرار گرفتنـد (جـدول ۳).

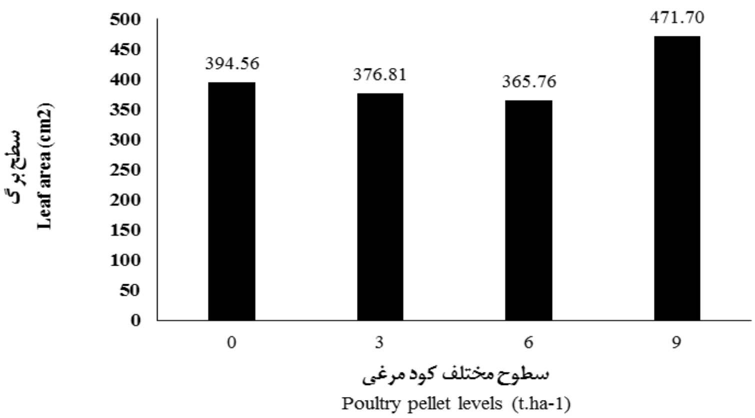
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود پلت مرغی و سولفات روی بر برخی صفات مرزه
Table 3- The ANOVA results (Mean Square) for the effect of poultry pellet and zinc sulphate on some attributes of *Satureja hortensis* L.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	ارتفاع شاخه اصلی Height of main stem	تعداد شاخه جانبی Number of lateral stem	تعداد گره Number of nodes	سطح برگ کل Total leaf area	قطر ساقه Stem diameter	طول ریشه Root length
پلت‌مرغی Poultry pellet (A)	3	105.3**	4ns	0.85ns	2744.66**	0.42ns	14.79**
سولفات‌روی Zinc sulphate (B)	3	114.13**	6.22 ns	2.74**	5361.13ns	4.96**	45.46**
A×B	9	21.54**	5.07 ns	1.52**	3901.65ns	0.62ns	10.63**
خطا Error	32	5.64	5.83	0.41	6511.80	0.39	1.31
ضریب تغییرات C.V (%)		6.90	18.94	10.02	20.06	12.23	9.36

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار
*, ** and ns: significant at 5% and 1% of probability levels and non- significant; respectively

ارتفاع شاخه اصلی و جانبی: برهمکنش تیمارهای استفاده شده بر ارتفاع شاخه اصلی مرزه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود اما بر تعداد شاخه جانبی اثر معنی‌داری نداشت. به طوری‌که در تیمارهای ۹ تن کود مرغی در هکتار+۱۰۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک بلندترین ارتفاع شاخه (۴۰/۰۳ سانتی‌متر) بدست آمد که نسبت به شاهد ۷۹/۲۶ درصد افزایش نشان داد و کمترین ارتفاع متعلق به تیمار شاهد (۲۲/۳۳ سانتی‌متر) بود. کود مرغی ۹ تن در هکتار + ۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک بیشترین تعداد گره مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کود آلی مرغی ۳ تن در هکتار+بدون سولفات روی و تیمار بدون کود آلی مرغی+سولفات روی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک نداشت. (جدول ۴). افزایش ارتفاع در گیاه را می‌توان در ارتباط با افزایش تعداد گره دانست. این رشد ناشی از رشد بیشتر در دوره رشد رویشی گیاه بوده است که از اعمال تیمار کود آلی مرغی و سولفات روی متأثر شد. در آزمایشی با بررسی کود گاوی، کود گوسفندی، کود مرغی، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی در گیاه دارویی ریحان مشخص گردید که تمام تیمارهای کود آلی ارتفاع بوته را نسبت به شاهد و تیمار کود شیمیایی افزایش دادند. یکی از عوامل اصلی تعیین کننده ارتفاع گیاه، تأمین عناصرغذایی مورد نیاز گیاه است. تیمارهای کود مرغی با تأمین تدریجی عناصر غذایی، این عمل را به خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند (Tahami Zarandi *et al*., 2010).کود مرغی یکی از کودهای آلی است که در ترکیب آن مقادیر زیادی نیتروژن و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه وجود داشته و از طریق آزاد نمودن تدریجی این عناصر موجب بهبود رشد گیاه می‌شوند (Oyedeji *et al*., 2014; Agbede *et al*., 2017). بنابراین به نظر می‌رسد کود آلی مذکور در پژوهش حاضر در افزایش ارتفاع گیاه مرزه نقش داشته است. محققین بیان داشتند که روی به عنوان یک فاکتور مهم و تأثیرگذار بر فعالیت آنزیم تریپتوفان‌سنتاز می‌باشد و از آنجایی که اسید آمینه تریپتوفان به عنوان پیش‌ماده اکسین عمل می‌کند در نتیجه با افزایش تولید اکسین تشدید چیرگی انتهایی و افزایش رشد طولی شاخساره و کاهش تعداد شاخه جانبی و برگ دور از انتظار نخواهد بود (Nasiri *et al*., 2010). همچنین طی پژوهش‌های مختلفی بیان شده است که استفاده از عنصر روی سبب افزایش ارتفاع گیاه ریحان (Said Al-Ahl and Mahmoud, 2010)، ژرانیوم (*Pelargonium crispum*) (Jayasinghe *et al*., 2010)، جعفری (*Petroselinum crispum*)، پروانش (*Vinca minor*) و مریم گلی آبی (*Salvia farinacea*) (Nahed and Balbaa, 2007) گردیده است.

سطح برگ کل: شاخص سطح برگ کل تحت تأثیر تیمار کود آلی مرغی در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین سطح برگ در تیمار ۹ تن کود مرغی در هکتار مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱- تاثیر سطوح مختلف کود آلی مرغی بر سطح برگ مرزه
Figure 1- The effect of poultry pellet on the leaf area of *Satureja hortensis* L. (LSD, $p\leq 0.05$)

فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با مصرف کودهای آلی و شیمیایی می‌تواند باعث طویل شدن سلول‌ها یا تقسیم سلولی شود که باعث افزایش اندازه برگ‌ها و در نتیجه افزایش سطح برگ می‌گردد (Hasanuzzaman *et al*., 2010). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که کودهای آلی با قابلیتی که در فراهم آوردن عناصر غذایی به خصوص نیتروژن دارند باعث افزایش رشد رویشی گیاه شده و در نتیجه از طریق افزایش تعداد برگ‌های گیاه، باعث افزایش شاخص سطح برگ گیاه می‌شوند (Mengistu *et al*., 2017).

جدول ٤- اثر متقابل کود پلت مرغی × سولفات روی بر ارتفاع شاخه اصلی، تعداد گره و طول ریشه مرزه

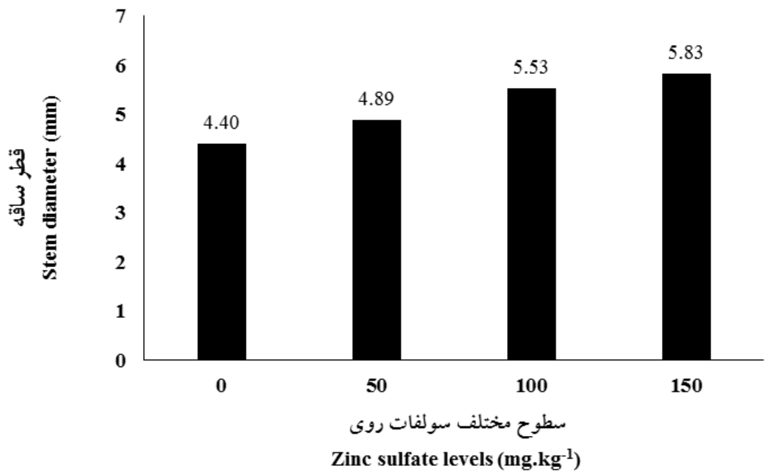
Table 4- The interaction effect of poultry pellet ×zinc sulphate on the height of main stem, number of nodes and root length of *Satureja hortensis* L.

سولفات روی Zinc sulphate (mg.kg^{-1})	کود مرغی Poultry pellet (t.ha^{-1})	ارتفاع شاخه اصلی Height of main stem (cm)	تعداد گره Number of nodes	طول ریشه Root length (cm)
0	0	22.33 ^{f}	4.66 ^{c}	5 ^{i}
	3	34.50 ^{cd}	7 ^{a}	11.66 $^{e-h}$
	6	30.26 ^{e}	5.66 ^{bc}	11 $^{f-h}$
	9	33.10 ^{de}	5.66 ^{bc}	10.66 ^{gh}
50	0	34.60 ^{cd}	6.66 ^{ab}	10.33 ^{h}
	3	38.60 ^{ab}	7.33 ^{a}	14 $^{a-d}$
	6	34.30 ^{cd}	6.33 ^{ab}	12.66 $^{c-f}$
	9	38.06 ^{abc}	6.33 ^{ab}	14 $^{a-d}$
100	0	32.63 ^{de}	7 ^{a}	13.33 $^{b-e}$
	3	35.73 ^{bcd}	6.66 ^{ab}	11.66 $^{e-h}$
	6	38.70 ^{ab}	6.33 ^{ab}	12.33 $^{d-g}$
	9	40.03 ^{a}	7.33 ^{a}	12 $^{e-h}$
150	0	33 ^{de}	6.66 ^{ab}	14.33 ^{abc}
	3	37.66 ^{abc}	5.66 ^{bc}	15 ^{ab}
	6	30.30 ^{e}	6.33 ^{ab}	12 $^{e-h}$
	9	36.33 $^{a-d}$	7.33 ^{a}	15.66 ^{a}

در هر ستون اعدادی با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different based on LSD test (*p≤0.05*).

قطر ساقه: در پژوهش حاضر، قطر ساقه گیاه مرزه با کاربرد سولفات روی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین قطر ساقه با ۵/۸۳ میلی‌متر مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک بود که با تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک با اندازه ۵/۵۳ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲). گزارش شده است که استفاده از عنصر روی و آهن نیز بر گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum*) (Darzi *et al*., 2011) و استفاده از عنصر روی بر گیاه مریم گلی آبی سبب افزایش قطر ساقه گردیده است (Nahed and Balbaa, 2007) که این اثرات مثبت می‌تواند به دلیل بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت عناصر کم‌مصرف مانند روی در سنتز کلروفیل، فتوسنتز و عملکرد فتوسیستم نوری در نتیجه افزایش قطر ساقه در پژوهش حاضر باشد.



شکل ۲- تاثیر سطوح مختلف سولفات روی بر قطر ساقه مرزه

Figure 2- The effect of zinc sulphate on the stem diameter of *Satureja hortensis* L. (LSD, *p≤0.05*)

طول ریشه: در پژوهش حاضر بلندترین طول ریشه در تیمار ۹ تن کود آلی مرغی در هکتار+۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک مشاهده شد که نسبت به شاهد ۲۱۳/۲ درصد افزایش داشت (جدول ۴). پژوهشگران این افزایش در طول ریشه را به بهبود

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی بر اثر مصرف کودهای آلی نسبت دادند (Ibrahim *et al.*, 2010). کمپوست دامی در بستر کشت گیاه زینتی جعفری (*Tagetes erecta*) به عنوان جایگزین پیت به کار گرفته شد. این ماده سبب افزایش طول ریشه شد (Jayasinghe *et al.*, 2010).

وزن تر و خشک ریشه: وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۵) که بیشترین وزن تر ریشه در تیمار ۹ تن کود آلی مرغی در هکتار+۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک مشاهده شد که تفاوت معناداری با تیمار کود آلی مرغی ۹ تن در هکتار + سولفات روی ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک نداشت و بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار کود آلی مرغی ۶ تن در هکتار + سولفات روی ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. کودهای آلی می توانند با بهبود شرایط فیزیکی بستر کشت از قبیل بهبود وضعیت ساختمان خاک، میزان حجم خلل و فرج و بهبود شرایط تهویه‌ای وافزایش فعالیت ریزموجودات تولید کننده تنظیم کننده‌های رشد گیاهی از قبیل هورمون اکسین باعث بهبود رشد ریشه گیاه شوند (Darzi *et al.*, 2011). همچنین مصرف کودهای آلی به دلیل بالا بودن میزان کربن آلی و کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل و بهبود وضعیت تهویه خاک، باعث افزایش رشد ریشه‌ها شده و در اثر تسهیل در جذب مواد غذایی و آب، رشد نمو و عملکرد گیاه افزایش پیدا خواهد کرد (Hendawy, 2008). محققان در مطالعاتی نشان دادند، هنگامی که روی به صورت خاکی و یا محلول‌پاشی به گیاه داده شود، بلافاصله غلظت اکسین که در واقع هورمون تنظیم کننده رشد می باشد افزایش یافته در نتیجه میزان رشد گیاه افزایش می‌یابد (Malakouti, 2005). و در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ساخت پروتئینها در گیاهان اثرگذار است (Hemant Ranjan, 1996) که می‌توان افزایش رشد ریشه و به دنبال آن افزایش در وزن ریشه را در گیاه مرزه به دلیل حضور عنصر روی نیز دانست.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود پلت مرغی و تغذیه سولفات روی بر برخی صفات در مرزه

Table 5- The ANOVA results (Mean Square) for the effect of poultry pellet and zinc sulphate on attributes of *Satureja hortensis* L.

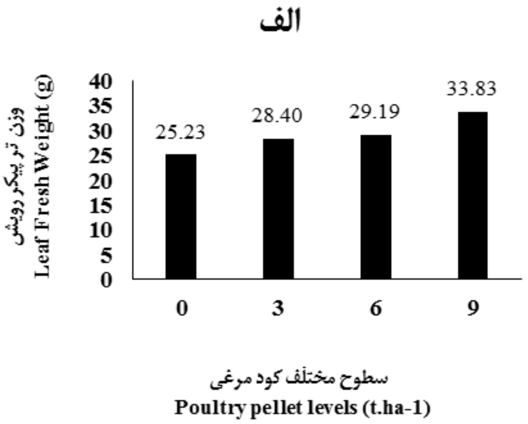
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر پیکر رویشی Leaf fresh weight	وزن خشک پیکر رویشی Leaf dry weight	نیتروژن N	روی Zn
پلت‌مرغی Poultry pellet (A)	3	2.92**	0.73**	151.52**	35.72**	2.59**	1967.43**
سولفات‌روی Zinc sulphate (B)	3	3.62**	0.75**	400.06**	21.02**	1.33**	3710.72**
A×B	9	1.23**	0.08**	41.74 ns	5.74**	0.44**	782.78**
خطا Error	32	0.28	0.0094	32.44	0.24	0.0105	169.51
ضریب تغییرات C.V (%)		28.33	14.37	19.53	5.82	2.56	16.60

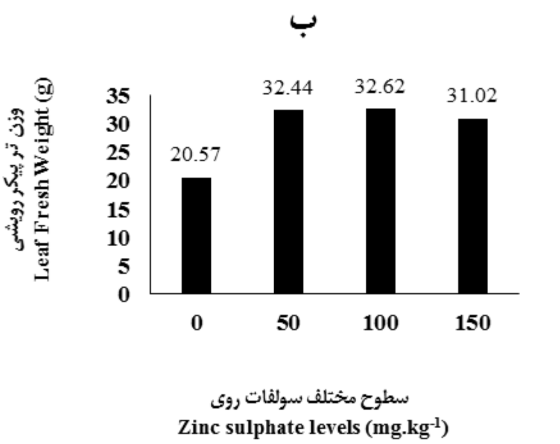
*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant; respectively

وزن تر و خشک پیکر رویشی: طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، اثر برهمکنش کود آلی مرغی و سولفات روی بر وزن تر پیکر رویشی معنی‌دار نبود اما اثر کود آلی مرغی و سولفات روی هر کدام به تنهایی وزن تر پیکر رویشی را تحت تأثیر قرار دادند و اثر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها بر وزن خشک پیکر رویشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. گزارش شده است که محلول‌پاشی گشنیز (*Coriandrum sativum*) با روی و آهن در مراحل رشد رویشی، گلدهی و تشکیل میوه سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ساقه گردید و کاربرد توأم آهن و روی نقش بیشتری بر این افزایش داشت (Said Al-Ahl and Omer, 2009). نتایج مشابهی در رابطه با اثرات مثبت کودهای دامی به ویژه کودهای مرغی بر افزایش وزن خشک بوته گیاه دارویی بابونه (*Marticaria chamomilla*) گزارش شده است (Fallahi, 2009). محققان بیان کردند که استفاده از کود دامی به خصوص کود مرغی نسبت به کودهای شیمیایی، باعث افزایش صفات اندازه‌گیری شده از جمله ماده خشک اندام‌های هوایی، ماده خشک ساقه و ماده خشک برگ در گیاه

سبزمینی گردید (Djilani Ghemam and Senoussi, 2013). دلیل آن ممکن است به علت تجزیه میکروبی کود مرغی در خاک باشد که موجب شرایط بهتری برای رشد ریشه و جذب عناصر غذایی می‌شود (Ahmadian *et al.*, 2009).





شکل ۳- تاثیر سطوح مختلف کود مرغی (الف) و سولفات روی (ب) بر وزن تر پیکر رویشی مرزه

Figure 3- The effect of poultry pellet (A) and zinc sulphate (B) on the aerial organs fresh weight of *Satureja hortensis* L. (LSD, $p \leq 0.05$).

غلظت عناصر نیتروژن و روی موجود در برگ: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) اثر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها بر میزان عناصر موجود در برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان نیتروژن برگ در تیمار ۹ تن کود مرغی در هکتار+۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم با افزایش ۸۲/۰۳ درصدی نسبت به شاهد به دست آمد و عنصر روی با افزایش ۲۲۲/۷۵ درصدی در تیمار ۹ تن کود مرغی در هکتار+۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم مشاهده شد (جدول ۶). کود مرغی یکی از کودهای آلی است که در ترکیب آن مقادیر زیادی نیتروژن و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه وجود داشته که این عناصر را به‌صورت تدریجی در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Oyedeji *et al.*, 2014; Agbede *et al.*, 2017). همچنین دارای عناصر ماکرو و میکرو (Zhou *et al.*, 2005) می‌باشد. کودهای مرغی تأثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی خاک دارند. به لحاظ غنی بودن کود مرغی از اسید اوریک، ازت موجود در آن بسیار سریع‌تر از ازت سایرکودهای آلی مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد (Anwar *et al.*, 2005). محققان تأکید دارند که کاربرد روی موجب افزایش این عنصر در دانه و اندام هوایی گیاه می‌گردد (Balali *et al.*, 2002). در پژوهش حاضر کاربرد کود مرغی و روی توانسته است محتوای نیتروژن و روی گیاه را افزایش دهند.

میزان فنل: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) اثر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها بر میزان فنل در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین محتوای فنل در تیمار ۹ تن کود آلی مرغی در هکتار+۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک بود که نسبت به شاهد ۱۳۶/۳۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۸). کاربرد کودهای آلی به‌دلیل افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی به‌ویژه کربن و نیتروژن موجب افزایش ترکیبات فنلی می‌گردد (Ghorbanli *et al.*, 2011). برای ساخت و سنتز ترکیبات فنولی، حضور کربوهیدرات‌ها لازم و ضروری می‌باشد. افزایش در مقدار کربوهیدرات‌ها، سبب افزایش سنتز ترکیبات فنولی می‌گردد که دلیل این امر ممکن است به اختصاص یافتن بیشتر کربن به مسیر شیکمیک اسید (مسیر ساختن ترکیبات فنلی) باشد (Nguyen *et al.*, 2010). از علت افزایش میزان فنل کل در اثر کاربرد روی نیز می‌توان اظهار داشت که عنصر روی بر بیان ژن‌های مسیر بیوسنتز فنل تأثیر می‌گذارد و در نتیجه میزان فنل کل افزایش می‌یابد. همچنین روی از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های کربونیک آنیدراز و ریبولوز ۱و ۵ بی‌فسفات و افزایش محتوای کلروفیل، میزان فتوسنتز را افزایش داده و در نتیجه با افزایش متابولیسم قند در نهایت باعث افزایش متابولیسم فنل‌ها می‌شود (Song *et al.*, 2015).

جدول ۶ - اثر متقابل کود پلت مرغی × سولفات روی بر وزن تر و خشک ریشه، وزن خشک پیکره رویشی و میزان نیتروژن و روی گیاه مرزه

Table 6- The interaction effect of poultry pellet ×zinc sulphate root fresh and dry weight, shoot dry weight and the amount of N and Zn of *Satureja hortensis* L.

سولفات روی Zinc sulphate ($mg.kg^{-1}$)	کود مرغی Poultry pellet ($t.ha^{-1}$)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن خشک پیکره رویشی Shoot dry weight (g)	نیتروژن N (%)	روی Zn (%)
0	0	0.77 f	0.14 h	2.64 i	2.95 k	47.82 f
	3	1.20 ef	0.27 gh	6.99 gh	3.81 gh	59.05 ef
	6	1.14 ef	0.33 fg	7.3 gh	3.68 hi	65.21 def
	9	1.29 def	0.69 cd	8.93 def	3.79 gh	71.37 cde
50	0	1.65 c-f	0.32 fg	7.46 gh	3.33 j	68.83 c-f
	3	2.17 bcd	0.59 de	9.33 cde	4.02 ef	72.82 cde
	6	1.95 cde	0.45 ef	8.93 def	4.60 c	73.91 b-e
	9	3.29 a	1.11 ab	10.03 c	5.37 a	75.72 b-e
100	0	1.19 ef	0.46 ef	7.49 g	3.52 i	69.92 cde
	3	1.24 ef	0.8 c	8.35 f	4.06 e	80.07 b-e
	6	3.04 ab	0.51 e	9.65 cd	4.86 b	81.88 bcd
	9	2.35 bc	0.96 b	11.47 b	4.18 de	83.33 bcd
150	0	1.96 cde	0.52 e	6.66 h	3.59 i	67.75 c-f
	3	2.50 abc	1.01 b	8.47 f	4.08 e	87.31 bc
	6	1.21 ef	1.25 a	12.60 a	4.31 d	94.92 b
	9	3.37 a	1.09 ab	8.79 ef	3.88 fg	154.34 a

در هر ستون اعدادی با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different based on LSD test ($p\leq0.05$)

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود پلت مرغی و تغذیه سولفات روی بر برخی صفات فیتوشیمیایی مرزه

Table 7- TheANOVA results (Mean Square) for the effect of poultry pellet and zinc sulphate on some phytochemical traits of *Satureja hortensis* L.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	فنل Total phenol	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	درصد اسانس Percentage of essential oils
پلت‌مرغی Poultry pellet (A)	3	0.014*	0.011**	0.13**	812325.96**	0.0014**
سولفات‌روی Zinc sulphate (B)	3	0.077**	0.014**	0.05**	444806.49**	0.00092**
A×B	9	0.025**	0.0051**	0.004**	70101.80**	0.00085**
خطا Error	32	0.005	0.0011	0.00041	16690.32	0.000028
ضریب تغییرات C.V (%)		29.99	16.73	5.67	6.90	8.93

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant; respectively

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) اثر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها بر میزان آنتی اکسیدان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. افزایش ۱۶۳/۶۳ درصدی تیمار ۹ تن کود مرغی در هکتار+۱۰۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک حاکی از مؤثر بودن تیمار مذکور بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه مرزه می‌باشد (جدول ۸). به نظر می‌رسد مواد مختلف که در کود دامی برای تغذیه گیاه مورد استفاده قرار گرفت به طور مستقیم در تشکیل ترکیبات گیاه از جمله متابولیت‌های ثانویه تأثیر گذاشته است. علت افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در اثر کاربرد روی هم می‌تواند به این دلیل باشد که عنصر روی از طریق محافظت پروتئین‌ها و لیپیدهای غشایی در برابر رادیکال‌های آزاد و سایر محصولات حاصل از واکنش‌های احیایی درون سلولی باعث حفظ تمامیت غشای سلول‌ها می‌شود (Alloway, 2008).

کلروفیل کل و کاروتنوئید: با توجه به نتایج پژوهش حاضر کلروفیل کل و کاروتنوئید تحت تأثیر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. کلروفیل در تیمار ۶ تن کود مرغی در هکتار+۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم، افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد نشان داد و بیشترین میزان کاروتنوئید در تیمار ۹ تن کود مرغی در هکتار+۱۰۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم با ۱۴۶/۱۸ درصد افزایش نسبت به شاهد، مشاهده شد (جدول ۸). با توجه به ارتباط مستقیم بین نیتروژن و رنگیزه‌های برگ، کود آلی به تدریج، نیتروژن آزاد می‌کند در نتیجه سبب افزایش میزان رنگیزه می‌شود (Munns and Tester, 2008). کودهای آلی به واسطه داشتن عناصر مغذی و تأمین آبِ در دسترس گیاه باعث افزایش میزان کلروفیل می‌شوند که می‌تواند دلیلی بر افزایش محتوای کلروفیل گیاهان مرزه در پژوهش حاضر باشد. عنصر روی به دلیل نقش مهمی که در متابولیسم پروتئین‌ها و آنزیم‌ها و همچنین رنگدانه‌های فتوسنتزی دارد می‌تواند باعث افزایش توان فتوسنتزی و تولید محصول شود (Rosen *et al.*, 1977). طبق گزارش برخی از محققین، کاربرد کودهای حاوی روی (نانو کلات روی و سولفات روی) باعث افزایش معنی‌دار محتوی کلروفیل برگ در ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*) گردید (Moghimipour *et al.*, 2014).

اسانس: نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که گیاه مرزه تحت تأثیر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها قرار گرفت و تیمار ۶ تن کود مرغی در هکتار+۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با ۲۶۱/۵۳ درصد افزایش نسبت به شاهد حاوی بیشترین درصد اسانس بود (جدول ۸). در بررسی کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست بر گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) ملاحظه شد که کاربرد ورمی‌کمپوست به صورت جداگانه و همراه با دیگر کودهای آلی، سبب بهبود عملکرد و کیفیت اسانس این گیاه شد (Moradi *et al.*, 2011). پژوهشگران دریافتند که روی در فتوسنتز، تثبیت دی‌اکسیدکربن و متابولیسم ساکاریدها دخالت دارد و لذا نقش این عنصر در تأثیر بر تجمع اسانس می‌تواند مهم باشد (Srivastava *et al.*, 1997). گزارش شده است که محلول‌پاشی روی موجب افزایش عملکرد اسانس و رشد گیاه دارویی ریحان تحت تنش شوری نسبت به تیمار شاهد شده است (Said Al-Ahl and Mahmoud, 2010).

جدول ۸- اثر متقابل کود پلت مرغی × سولفات روی بر برخی خصوصیات فیتوشیمیایی مرزه

Table 8- The interaction effect of poultry pellet ×zinc sulphate on some phytochemical traits of *Satureja hortensis* L.

سولفات روی Zinc sulphate (mg.kg^{-1})	کود مرغی Poultry pellet (t.ha^{-1})	فنل کل Total phenol (mg.g^{-1} DW)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (%)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.g^{-1} DW)	کاروتنوئید Carotenoid (mg.g^{-1} DW)	اسانس Essential oils (%)
0	0	0.22^{c-h}	0.11^{g}	0.08^{l}	917.8^{j}	0.026^{k}
	3	0.28^{b-e}	0.16^{efg}	0.33^{hi}	1861.4^{e-h}	0.065^{def}
	6	0.24^{c-g}	0.23^{bcd}	0.34^{gh}	1825^{fgh}	0.060^{fgh}
	9	0.33^{bc}	0.23^{bcd}	0.34^{gh}	1842.1^{fgh}	0.042^{j}
50	0	0.37^{b}	0.19^{c-f}	0.18^{k}	1599.5^{i}	0.071^{cd}
	3	0.15^{fgh}	0.19^{c-f}	0.35^{fgh}	1882.8^{d-g}	0.079^{bc}
	6	0.29^{bcd}	0.18^{def}	0.38^{ef}	1872^{e-h}	0.085^{b}
	9	0.52^{a}	0.18^{def}	0.37^{efg}	2012.8^{b-f}	0.029^{k}
100	0	0.27^{b-f}	0.22^{b-e}	0.24^{j}	1662.8^{hi}	0.052^{hi}
	3	0.18^{d-h}	0.24^{abc}	0.42^{d}	1936.4^{c-g}	0.079^{bc}
	6	0.18^{d-h}	0.26^{ab}	0.45^{c}	2059.5^{a-e}	0.061^{efg}
	9	0.13^{gh}	0.29^{a}	0.49^{b}	2259.5^{a}	0.064^{d-g}
150	0	0.12^{h}	0.15^{fg}	0.29^{i}	1776.2^{ghi}	0.056^{ghi}
	3	0.18^{d-h}	0.23^{bcd}	0.46^{bc}	2089.5^{a-d}	0.05^{ij}
	6	0.14^{gh}	0.12^{g}	0.54^{a}	2142.8^{abc}	0.094^{a}
	9	0.16^{e-h}	0.25^{ab}	0.4^{de}	2182.8^{ab}	0.07^{de}

در هر ستون اعدادی با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵درصد با استفاد از آزمون LSD ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different based on LSD test (*p≤0.05*)

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد کاربرد کود آلی پلت مرغی به همراه سولفات روی به دلیل بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بستر کشت و افزایش جذب بهتر عناصر غذایی باعث بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه در مقایسه با بستر کشت شاهد (بدون کود) گردید. به‌طوری‌که بیشترین وزن تر پیکر رویشی در کود مرغی ۹ تن در هکتار مشاهده شد که با کود مرغی ۶ تن در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. افزایش ۱۶۳/۶۳ درصدی تیمار کود مرغی ۹ تن در هکتار + ۱۰۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم

خاک نسبت به شاهد نیز حاکی از مؤثر بودن تیمار مذکور بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه مرزه می‌باشد. بیشترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی نیز از تیمار تلفیق کود مرغی و سولفات روی به‌دست آمد. نتایج نشان داد که استفاده از تیمار کود آلی (پلت مرغی) ۶ تن در هکتار به همراه ۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک، بیشترین درصد اسانس را به خود اختصاص داد که ۲/۵ برابر میزان اسانس موجود در تیمار شاهد بود. بالاترین محتوای فنل نیز در تیمار کود آلی مرغی ۹ تن در هکتار + ۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک، با ۱۳۶/۳۶ درصد افزایش به‌دست آمد. بنابراین تلفیق کود آلی و شیمیایی با نسبت‌های مناسب به عنوان بهترین تیمار کودی معرفی و پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. Abad, M.J., Bermejo, P., & Gonzles, E. (1999). Antiviral activity of Bolivian plant extracts. *General Pharmacology* 32: 499-503. https://doi.org/10.1016/S0306-3623(98)00214-6.
2. Agbede, T.M., Adekiya, A.O., & Eifediyi, E.K. (2017). Impact of poultry manure and NPK fertilizer on soil physical properties and growth and yield of carrot. *Journal of Horticultural Research* 25: 81-88. https://doi.org/10.1515/johr-2017-0009.
3. Ahmadian, A., Ghanbari, A., & Galavi, M. (2009). The interaction effect of water stress and animal manure on yield components, essential oil and chemical compositions of *Cuminum cyminum*. *Iranian Journal of Field Crops Research 40*(1): 173-180. (In Persian with English Abstract)
4. Alloway, B.J. (2008). *Zinc in soils and crop nutrition*. 2ndedition, publishers: Zinc Association (IZA) and International Fertilizer Industry. Association (IFA). Brussels, Belgium and Paris, pp: 139.
5. Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., & Khanuja, S.P.S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis 36*(13): 1737-1746. https://doi.org/10.1081/CSS-200062434.
6. Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
7. Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanli, M., & Rezaii, M.B. (2002). The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in (*Satureja hortensis* L.). *Flavour and Fragrance Journal* 17: 275-277. https://doi.org/10.1002/ffj.1097.
8. Balali, M.R., Malakouti, M.J., Ziyaian, A., Khoogar, Z., Farajnia, A., Kalhor, M., Agha Lotfollahi, M, Golchin, A., Azizi, M., Ghaderi, J., & Kazemi, M. (2002). Effects of different 9- methods of micronutrient application on the uptake of nutrients in wheat grains in different provinces of Iran. *Soil and Water Sciences 15*(2): 140-153. (In Persian with English Abstract)
9. Baybordi, A. (2006). *Zinc in Soil and Crop Nutrition*. Parivar Press, Tehran, p. 179.
10. Darzi, M.T, Hadjseyed, Hadi, M.R., & Rejali, F. (2011). Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in Anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26*(4): 452-465. (In Persian with English Abstract)
11. Djilani Ghemam, A., & Senoussi, M.M. (2013). Influence of organic manure on the vegetative growth and tuber production of potato (*Solanum tuberosum* L. var. spunta) in a Sahara desert region. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 22: 2724-2731.
12. Ebrahimzadeh, M.A., Nabavi, S.F., Nabavi, S., & Eslami, M. (2010). Antihemolytic and antioxidant activities of *Allium paradoxum*. *Central European Journal of Biology* 5: 338-345. https://doi.org/10.2478/s11535-010-0013-5.
13. Emam, Y. (2008). *Water Relation in Plant*. In: Koocheki, A. & Khaje Hosseini, M., Eds. Modern Agronomy. Jihad Daneshgahi Mashhad Press, 163-187.
14. Fallahi, J. (2009). *The effects of biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of German chamomile*. Master's Thesis Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Abstract)
15. Farzaneh, A., Ghani, A., & Azizi, M. (2010). The effect of water stress on morphological characteristics and essential oil content of improved sweet basil (*Osimum basilicum* L.). *Journal of Plant Production 17*(1): 103-111. (In Persian with English Abstract)
16. Fazelian, N., & Asrar, Z. (2011). Interaction of arsenic and salicylic acid on growth and some physiological indexes chamomile. *Plant Biology* 8: 12-17.
17. Fernandez, R., Scull, R., Gonzales, J.L., Crespo, M., Sanchez, E., & Carballo, C. (1993). *Effect of fertilization on yield and quality of (Matricaria recutita L.) (Chamomile)*. Aspects of mineral nutrition of the crop. Memorias 11th Congreso Latinoamericano de la Ciencia del suelo, Berlin, Germany, 891-894.

18. Gardner, F.P., Valle, R., & Mccloud, D.E. (1990). Yield characteristics and ancient races of maize compared to a modern hybrid. *Agronomy Journal* 82: 864-868.
19. Ghorbanli, M., Saadatmand, L., & Niakan, M. (2011). *Study the effects of natural habitats on flavonoids poly phenols, anthocyanin and their related antioxidant activity in Elaeagnus agustifolia*. The first congress on advanced Agricultural finding, Islamic Azad University Saveh, Iran. (In Persian)
20. Hasanuzzaman, M., Ahamed, K.U., Rahmatullah, N.M., Akhter, N., Nahar, K., & Rahman, M.L. (2010). Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 22: 46-58.
21. Hemant Ranjan, A. (1996). Physiology and biochemical significance of zinc in plants. *Advancement in Micronutrient Research* 151-178.
22. Hendawy, S.F. (2008). Comparative study of organic and mineral fertilization on *Plantago arenaria*. *Plant Journal of Applied Science Research 4*(5): 500-506.
23. Ibrahim, M., Hassan, A.U., Arshad, M., & Tanveer, A. (2010). Variation in root growth and nutrient element concentration in wheat and rice: effect of rate and type of organic materials. *Soil Land Environment* 29: 47-52.
24. Jadhav, A.B., Kadlag, A.D., Patil, V.S., Deshpande, A.N., & Durgude, A.G. (2013). Response of garlic to integrated nutrient management based on targeted yield concept in inceptisol. *Journal of the Indian Society of Soil Science 61*(4): 347-350.
25. Jayasinghe, G.Y., Liyana Arachchi, I.D., & Tokashiki, Y. (2010). Evaluation of containerized substrates developed from cattle manure compost and synthetic aggregates for ornamental plant production as a peat alternative. *Resources Conservation and Recycling* 54: 1412-1418. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.06.002.
26. Malakouti, M.J. (2005). *Micro Elements role in increasing yield and improving quality of agricultural products*. Third Edition. Tarbiat Modares Publication.
27. Malakouti, M.J., & Tehrani, M.M. (1999). *Effect of micronutrients application on yield and quality of agricultural products*. Training and Processing of Medicinal Plants, Astan Quds Razavi Publications, 397.
28. Mengistu, T., Gebrekidan, H., Kibret, K.W., Oldetsadik, K., Shimelis, B., & Yadav, H. (2017). The integrated use of excreta-based vermicompost and inorganic NP fertilizer on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit yield, quality and soil fertility. *International Journal of Recycling* 6: 63-77.
29. Moghimipour, Z., Mahmoodi-Sourestani, M., Alamzade-Ansari, N., & Ramezani, Z. (2014). *Effects of foliar application of nano zinc chelate and zinc sulfate on chlorophyll content, photosynthetic parameters, essential oil content, and yield of holy basil* (*Ocimum sanctum*). 3rd National Congress on Medicinal Plants, Mashhad, Iran. (In Persian)
30. Moradi, R., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., & Nejad Ali, A. (2011). The effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Horticultural Science 25*(1): 25-33.
31. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.
32. Nahed, G.A., & Balbaa, L.K. (2007). Influence of tyrosine and zinc on growth, flowering, and chemical constituents of *Salvia farinacea* plants. *Journal of Applied Sciences Research 3*(11): 1479-1489.
33. Nasiri, Y., Zehtab-Salmasi, S., Nasrullahzadeh, S., Najafi, N., & Hassemigolezani, K. (2010). Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of Chamomile (*Matricaria chamomilla*). *Journal of Medicinal Plants Research 4*(17): 1733-1737. https://doi.org/10.5897/JMPR10.083.
34. Nguyen, P.M., Kwee, E.M., & Niemeyer, E.D. (2010). Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry* 123: 1235-1241. https://doi:10.1016/j.foodchem.2010.05.092.
35. Oyedeji, S., Animasaun, D.A., Bello, A.A., & Agboola, O.O. (2014). Effect of NPK and poultry manure on growth, yield, and proximate composition of three amaranthus. *Journal of Botany* 2014: 1-6. https://doi.org/10.1155/2014/828750.
36. Rosen, A., Pike, S., & Golden, L. (1977). Zinc, iron, and chlorophyll metabolism in zinc-toxic corn. *Plant Physiology 59*(6): 1085-1087. https://doi.org/10.1104/pp.59.6.1085.
37. Said Al-Ahl, H.A., & Mahmoud, A. (2010). Effect of zinc and iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum*) under salt stress. *Ocean Journal of Applied Sciences 3*(1): 97-111.
38. Said Al-Ahl, H.A., & Omer, E.A. (2009). Effect of spraying with zinc and/or iron on growth and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. *Medicinal Food Plants 1*(2): 30-46.
39. Sharaf, A.I., & El-Naggar, A.H. (2003). Response of Carnation plant to phosphorus and boron foliar fertilization

under greenhouse conditions. *Journal of Agricultural Research 48*(1): 147-158
40. Singh, K.V., Kumar, S., & Kumar, M. (2014). Response of different doses of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). *Annals of Horticulture 7*(2): 159-161.
41. Slinkard K., & Singleton V.L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture* 28: 49-55.
42. Song, C.Z., Liu, M.Y., Meng, J.F., Chi, M., Xi, Z.M., & Zhang, Z.W. (2015). Promoting effect of foliage sprayed Zinc sulfate on accumulation of sugar and phenolic in berries of *Vitis vinifera* cv. Merlot growing on Zinc deficient soil. *Journal of Molecules* 20: 2536-2554. https://doi.org/10.3390/molecules20022536.
43. Srivastava, N.K., Misra, A., & Sharma, S. (1997). Effect of Zn deficiency on net photosynthetic rate, C_{14} partitioning, and oil accumulation leaves of peppermint. *Photosynthetica* 33: 71-79.
44. Tahami Zarandi, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P., & Jahan, M. (2010). Comparing the effects of organic and chemical fertilizers on yield and content essential oil of basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Agroecology 2*(1): 63-74. (In Persian with English Abstract)
45. Tavassoli, A., Ghanbari, A., & Ahmadian, A. (2010). Effect of zinc and manganese nutrition on fruit yield and nutrient concentrations in greenhouse tomato in hydroponic culture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 1*(1): 1-7.
46. William, T. (1972). Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry (Perkin Elmer Corp.). *Journal of Chemical Education* 49: 4. https://doi.org/10.1021/ed049pA250.2.
47. Zhou, D.M., Hao, X.Z., Wang, Y.J., Dong, Y.H., & Cang, L. (2005). Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as affected by application of livestock and poultry manures. *Chemosphere* 59: 167-175. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.11.008.